

COPY OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

PTO/SB/21 (modified)

Approved for use through xx/xx/xx, OMB 0651-0031

Patent and Trademark Office: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

0001/PTO Rev. 10/95  <b>TRANSMITTAL FORM</b> <i>(to be used for all correspondence during pendency of filed application)</i>	U.S. Department of Commerce Patent and Trademark Office	Application Number	09/996,307
		Filing Date	November 27, 2001
		First Named Inventor	Yugo Ueda
		Group Art Unit Number	Unassigned
		Examiner Name	Unassigned
Total Number of Pages in This Submission	2*	Attorney Docket Number	20911-06567

**ENCLOSURES (check all that apply)**

<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form (in duplicate) <input type="checkbox"/> Check Enclosed <input checked="" type="checkbox"/> Return Receipt Postcard <input type="checkbox"/> Response to Notice to File Missing Parts <input type="checkbox"/> Assignment & Recordation Cover Sheet <input type="checkbox"/> Declaration <input type="checkbox"/> Power of Attorney <input type="checkbox"/> Application Data Sheet <input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement & PTO-1449 <input type="checkbox"/> Copies of IDS Cited References <input type="checkbox"/> Request for Corrected Filing Receipt <input type="checkbox"/> Request for Correction of Recorded Assignment <input type="checkbox"/> Amendment/Response: [ ] Page(s) <input type="checkbox"/> After Final <input type="checkbox"/> Status Request <input type="checkbox"/> Revocation and Substitute Power of Attorney	<input type="checkbox"/> Issue Fee Transmittal <input type="checkbox"/> Letter to Chief Draftsperson <input type="checkbox"/> Formal Drawing(s): [ ] Sheet(s) of Figure(s) [ ] <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Group (Appeal Notice, Brief, Reply Brief) <input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s) <input type="checkbox"/> After Allowance Communication to Group <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
--	--

REMARKS: \*Does not include page count of certified priority document

**SIGNATURE OF ATTORNEY OR AGENT**

Signature:	<i>Albert C. Smith</i>		
Attorney/Reg. No.:	Albert C. Smith, Reg. No. 20,355	Dated:	1/29/02

**CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence, including the enclosures identified above, is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on the date shown below. If the Express Mail Mailing Number is filled in below, then this correspondence is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service pursuant to 37 CFR 1.10.

Signature:	<i>Albert C. Smith</i>		
Typed or Printed Name:	Albert C. Smith	Dated:	1/29/02
Express Mail Mailing Number (optional):			





日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

45

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2000年12月 1日

出願番号  
Application Number:

特願2000-366498

出願人  
Applicant(s):

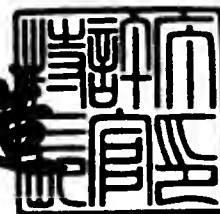
本田技研工業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 9月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 H099-9366

【提出日】 平成12年12月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 7/20

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 上田 雄悟

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 辻野 広司

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081721

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡田 次生

【選任した代理人】

【識別番号】 100111969

【弁理士】

【氏名又は名称】 平野 ゆかり

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 034669

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

特 2 0 0 0 - 3 6 6 4 9 8

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 運動情報認識システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像から被写体の運動情報を認識する運動情報認識システムであって、

運動する被写体の時系列画像を生成する撮像手段と、

前記被写体の時系列画像を取り込んで、画像ベクトルを生成する画像取込手段と、

前記画像取込手段により生成されるサンプル被写体の画像ベクトルから主成分分析により複数の固有ベクトルを求める主成分分析手段と、

前記複数の固有ベクトルを記憶する記憶手段と、

前記画像取込手段により生成される認識対象の被写体の画像ベクトルおよび前記記憶手段に記憶された複数の固有ベクトルの内積演算を行う内積演算手段と、

内積演算の結果に基づいて前記認識対象の被写体の運動情報を求める算出手段と、を含む前記運動情報認識システム。

【請求項 2】 前記サンプル被写体の画像ベクトルおよび前記認識対象の被写体の画像ベクトルが、時間的に連続な少なくとも 2 つの画像から生成される請求項 1 に記載の運動情報認識システム。

【請求項 3】 最大の固有値を持つ第 1 の固有ベクトルと、その次に大きな固有値を持つ第 2 の固有ベクトルを選択する手段を有する請求項 1 に記載の運動情報認識システム。

【請求項 4】 前記算出手段は、前記認識対象の被写体の画像ベクトルと前記第 1 の固有ベクトルとの内積演算結果  $g_1(t)$  および前記認識対象の被写体の画像ベクトルと前記第 2 の固有ベクトルとの内積演算結果  $g_2(t)$  の位相に基づき

$g_1(t)$  が  $g_2(t)$  に対して位相が遅れている場合、次式に基づいて前記認識対象の被写体の角速度を求め、

【数 1】

$$\omega = \frac{d}{dt} g_1(t) / g_2(t)$$

$g_1(t)$  が  $g_2(t)$  に対して位相が進んでいる場合、次式に基づいて前記認識対象の被写体の角速度を求める請求項 3 に記載の運動情報認識システム：

【数 2】

$$\omega = \frac{d}{dt} g_2(t) / g_1(t)$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像認識システムに関し、さらに詳しくはセンサ情報として画像のみを用いて、自己あるいは物体の回転運動を認識することができる運動情報認識システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

画像を用いたフィードバックシステムまたは自律移動ロボットの視覚支援における重要な要素技術の 1 つは、環境内の物体の運動情報を認識する技術である。このような運動認識技術は、静止した物体を基準として自己の姿勢検知または運動量の認知を可能とする。

【0003】

従来技術の 2 次元画像を利用する運動認識では、時系列に撮像された 2 次元画像から対象となる物体を認識し、その対象物の向きや姿勢を判断して速度の検出を行っている。そのような認識技術は、大きく分けて、幾何モデルとの比較を行う方法と、画像照合に基づく方法とに分類することができる。

【0004】

幾何モデルとの比較を行う方法は、対象物の幾何モデルをあらかじめ記憶し、取得画像の構造解析を行って、記憶した幾何モデルとの比較を行い対象物を認識

する。幾何モデルとの比較を行う方法は、画像における対象物の形状が複雑な場合、対象物を正確にモデリングすることが困難であり、さらに幾何モデルの複雑さが計算コストを莫大に増加させるという問題を有する。

#### 【0005】

一方、画像照合に基づく方法は、対象物の様々な状態の画像をあらかじめ記憶し、記憶した画像と取得画像とを照合するので、形状の複雑さに依存しないという利点を有する。しかしながら、この方法は、画像照合のために多様な画像をテンプレートとしてあらかじめ大量に記憶しなければならないので、記憶容量の増加を招く結果となる。このため、そのような問題点を解決するためのさまざまなアプローチが試みられてきた。

#### 【0006】

そのようなアプローチの1つは、主成分分析を利用して画像照合を行う技術である。主成分分析（PCA）は、相関関係にある多数の変数を合成（圧縮）して、少数の変数に要約することができる。したがって、主成分分析を用いた画像照合では、照合に使用される多様な画像を固有ベクトルとして圧縮し、記憶しなければならないデータ数を低減する。

#### 【0007】

そのような主成分分析を用いた従来技術の例は、村瀬らによる「2次元照合による3次元物体認識—パラメトリック固有空間法—（電子情報通信学会誌 D-II、Vol.J77-D-II, No.11, p2179-2187, 1994/9）」に記載されている。この論文によれば、主成分分析を用いることにより、3次元物体を2次元画像の集合体として少ない記憶容量で記憶することが可能となる。同様の固有空間を用いた物体認識技術は、天野らによる「固有空間照合に基づく距離画像からの物体の姿勢抽出—形状モデルを用いた仮想距離画像生成—（画像ラボ Vol.9, No.1, 10-14）」、および片岡らによる特許公報平11-25269「顔画像認識装置及びその方法」に記載されている。

#### 【0008】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前述した主成分分析を用いた従来技術は、被写体の向き、また



は姿勢を画像から認識することを意図しており、固有空間を用いて直接的に物体の運動情報（運動方向、速度など）を認識しようとするものではない。そのため、被写体に関する運動情報を認識しようとする場合、被写体の向き、または姿勢を画像ごとに認識し、その認識結果から被写体の運動情報を判断しなければならない。そのようなシステムは、演算コストが増大し、複雑さも増大する傾向がある。

## 【 0 0 0 9 】

したがって、この発明は、画像から直接的に運動情報を求めることによって記憶容量および計算コストを低減した、高速で簡単な運動情報認識システムを提供することを課題とする。

## 【 0 0 1 0 】

## 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、この発明の運動情報認識システムは、運動する被写体の時系列画像を生成する撮像手段と、前記被写体の時系列画像を取り込んで、画像ベクトルを生成する画像取込手段と、前記画像取込手段により生成されるサンプル被写体の画像ベクトルから主成分分析により複数の固有ベクトルを求める主成分分析手段と、前記複数の固有ベクトルを記憶する記憶手段と、前記画像取込手段により生成される認識対象の被写体の画像ベクトルおよび前記記憶手段に記憶された複数の固有ベクトルの内積演算を行う内積演算手段と、内積演算の結果に基づき前記認識対象の被写体の運動情報を求める算出手段と、を備える。

## 【 0 0 1 1 】

この発明によれば、固有ベクトルから被写体の運動情報を直接的に求めるで、計算コストが低減され高速で簡単な運動情報認識システムを提供することができる。

## 【 0 0 1 2 】

この発明の1つの形態によると、前記運動するサンプル被写体の画像ベクトルおよび前記運動する認識対象の被写体の画像ベクトルは、時間的に連続な2つの画像から生成される。

## 【 0 0 1 3 】

この形態によると、時間的に連続な少なくとも2つの画像を1つの画像に組み合わせることにより、被写体の速度を1つの画像に表現することができるので、運動情報認識の精度を向上することができる。

## 【0014】

この発明のもう1つの形態によると、運動情報認識システムは、最大の固有値を持つ第1の固有ベクトルと、その次に大きな固有値を持つ第2の固有ベクトルを選択する手段を備える。

## 【0015】

この形態によると、複数の固有ベクトルのうち、もとの全学習画像におけるサンプル被写体の特徴および運動情報を、最もよい形で含む固有ベクトルを選択して使用するので、演算処理の量を低減することができ、記憶に必要なメモリ容量を低減することができる。

## 【0016】

さらにもう1つの形態によると、前記算出手段は、前記認識対象の被写体の画像ベクトルと前記第1の固有ベクトルとの内積演算結果 $g_1(t)$ 、および前記認識対象の被写体の画像ベクトルと前記第2の固有ベクトルとの内積演算結果 $g_2(t)$

( $t$ )の位相に基づいて、前記認識対象の被写体の角速度を求める。前記認識対象の被写体の角速度は、 $g_1(t)$ が $g_2(t)$ に対して位相が遅れている場合、数3に基づいて求められ、 $g_1(t)$ が $g_2(t)$ に対して位相が進んでいる場合には、数4に基づいて求められる。

## 【数3】

$$\omega = \frac{d}{dt} g_1(t) / g_2(t)$$

## 【数4】

$$\omega = \frac{d}{dt} g_2(t) / g_1(t)$$

## 【0017】

この形態によれば、運動情報認識システムは、認識対象の被写体の回転運動の角速度および回転方向を簡単かつ高速に認識することができる。

## 【 0 0 1 8 】

## 【発明の実施の形態】

本発明の一実施例を図面を参照して説明する。図 1 は、本発明による運動情報認識システムの構成例を示す。運動情報認識システムは、撮像部 1 5 およびデータ処理部 1 7 を備える。撮像部 1 5 は、被写体の連続画像を高速で撮像し、撮像した画像の画像信号をデータ処理部 1 7 に送信する。データ処理部 1 7 は、撮像部 1 5 から送信された画像信号を処理して被写体 1 1 の運動情報を求める。

## 【 0 0 1 9 】

撮像部 1 5 の 1 つの例は、被写体の連続画像を高速で撮影することができる従来技術の高速ビデオカメラである。撮像部 1 5 は、あらかじめ設定されたサンプリング時間毎（例えば 4 m s 毎）に被写体を撮像し、被写体の時系列画像を生成する。撮像部 1 5 で生成された時系列画像は、任意の相互接続手段によって画像信号としてデータ処理部 1 7 に送信される。撮像部 1 5 から送信される画像信号は、アナログ画像信号か、またはデジタル画像信号として送信される。

## 【 0 0 2 0 】

撮像部 1 5 から送信された画像信号を処理するデータ処理部 1 7 は、画像取込部 1 9、主成分分析部 2 1、固有ベクトル・データベース 2 3、内積演算部 2 5、角度算出部 2 7 を備える。画像取込部 1 9 は、撮像部 1 5 に接続され、撮像部 1 5 からの画像信号を受信し、後述する演算において使用する画像データを生成する。主成分分析部 2 1 は、学習工程における画像に対して主成分分析を実行し、固有値および固有ベクトルを求める。固有ベクトル・データベース 2 3 は、画像から求められた固有値および固有ベクトルをデータベースとして記憶する。内積演算部 2 5 は、認識工程における画像とデータベースに記憶された 2 つの固有ベクトルとの内積演算を実行する。角速度算出部 2 7 は、内積演算により得られた 2 つの相関値から角速度を求める。

## 【 0 0 2 1 】

本発明による運動情報認識システムは、学習工程および認識工程の 2 つの工程を経て被写体の運動情報を認識する。この明細書では、学習工程においてサンプルとして使用される被写体を「サンプル被写体」として参照し、認識工程におい

て運動情報の認識対象となる被写体を「認識対象の被写体」として参照する。後述するように、この発明のシステムは、サンプル被写体の運動情報をあらかじめ学習工程において学習し、認識工程において、その学習した運動情報から認識対象の被写体の運動情報を求める。したがって、この発明による運動情報認識システムの運動情報の認識範囲は、学習工程でサンプルとして使用されたサンプル被写体の画像に依存する。しかしながら、サンプル被写体の画像がその運動情報も含めて一旦学習されたならば、認識工程で使用する認識対象の画像は、学習工程で使用するサンプル被写体の画像とは異なる画像でよい。この実施例における運動情報は、主に画像内の被写体の回転運動（角速度、回転の向き）を取り扱う。

#### 【 0 0 2 2 】

学習工程は、認識対象の被写体の運動情報を求めるため、認識工程で 사용되는固有ベクトルを作成して記憶する工程である。学習工程では、被写体のサンプル画像が撮像され、それらの時系列画像サンプルから主成分分析を実行し、固有値および固有ベクトルが固有ベクトル・データベースとして記憶される。認識工程は、学習工程で作成された固有ベクトルを使用して被写体の運動情報を認識する工程である。この工程では、認識対象となる被写体の時系列画像と固有ベクトルとの内積演算を行い、その演算結果から被写体の角速度および回転方向を算出する。

#### 【 0 0 2 3 】

図 1 に示す被写体 1 1 は、本システムにおける認識対象の被写体の 1 つの例であり、サンプル被写体の例でもある。これらの被写体は、画像内において回転運動を識別することができる形状的特徴を有していれば、どのような形状でもよい。この実施例では、被写体は、角速度の算出方法を具体的に説明するために、図 1 の 1 1 に示すような単純なパターンとし、学習工程と認識工程とで同じパターンが使用された。図 1 の 1 1 は、被写体を正面から見た図であり、図 1 の 1 3 は、同じ被写体 1 1 が撮像部 1 5 に対面している図を示す。被写体 1 1 は、モータ（図示せず）に連結され、モータによって回転速度を可変制御される。

#### 【 0 0 2 4 】

本発明のシステムは、先に述べたように学習工程における学習に応じて、角速度 $>0$ の状態だけでなく、角速度 $=0$ の状態（すなわち静止状態）も認識することができ、さらに回転方向も認識することができる。この実施例では、認識対象とされる角速度は、 $0\text{rpm}$ から $326\text{rpm}$ の範囲とする。したがって、その測定範囲に対応する被写体11の運動情報が本発明のシステムによって、あらかじめ学習される。この実施例における学習工程を以下に詳細に説明する。

#### 【0025】

学習工程は、サンプル被写体の画像取得から始まる。撮像部15に対して相対的に回転運動するサンプル被写体11は、撮像部15によって、あらかじめ定められたサンプリング時間毎に撮像される。このサンプリング時間は、サンプル被写体11の角速度に関わらず一定で構わないが、角速度算出のための十分な数の画像を得るためにサンプル被写体の回転周期よりも十分小さな時間に設定されなければならない。本実施例では、サンプリング時間を $4\text{ms}$ としたので、1秒間に250個の画像が得られる。認識対象の角速度範囲は、 $0\text{rpm}$ から $326\text{rpm}$ であるので、このサンプリング時間は、回転周期の間に十分な数の画像を得ることが可能である。

#### 【0026】

この実施例において、サンプル被写体11は、認識対象の角速度範囲に対応するために、 $0\text{rpm}$ から $326\text{rpm}$ の間の10段階の角速度（23、46、69、92、118、142、167、190、213、 $326\text{rpm}$ ）での回転運動を撮像された。各段階において、 $4\text{ms}$ 毎に340個の時系列画像が撮像されたので、10段階の角速度では、総計3400個の画像が得られる。これら10段階の角速度で撮像された3400個の時系列画像は、学習工程における主成分分析に使用される。この様にして得られた時系列画像の例を図2の（A）で示す。図2において、生成された時系列画像の総数は $n$ で表される（したがって、この実施例の場合、 $n=3400$ である）。

#### 【0027】

これら $n$ 個の画像は、データ処理部17の画像取込部19で後述する演算のために処理を施される。 $n$ 個の画像は、時間的に連続する2つの画像ごとに対にさ

れ、それぞれ対となる画像が1つの画像に組み合わせられる。この組み合わせられた画像の例を図2の(B)に示す。図2の(B)の場合では、時間的に連続する2つの画像が1つの画像に組み合わせられ、総計 $n/2$ 個の画像が生成される。本実施例では、3400個の画像が使用されるので、これらの画像は、総計1700個の画像になる。このように時間的に連続する画像が組み合わせられることによって、2つの画像の速度差が1つの画像に表現され、後述する相関値の精度が高められる。

## 【0028】

画像取込部19において組み合わせられた画像の形式は、複数の画素で表現されるラスタ画像である。それぞれの画素は各画像内の場所における画像情報を画素値として有する。本実施例において使用された図2に示す画像では、組み合わせられた1つの画像に総計3072個の画素があり、各画素値がグレースケールで表される。

## 【0029】

組み合わせられた1つの画像における画素の総数を $d$ で表し、各画素値を $a_m$ で表す場合、データ処理部17において、1つの画像は、矢印31に示すような順序で各画素値をベクトル要素とする $d$ 次元ベクトルとして表現される。したがって、時刻 $t$ における被写体の回転運動を表す第 $m$ 番目の画像は、数5で示すベクトルの形で表現される。ここで $T$ は転置行列を表す。

## 【数5】

$$x_m = (a_1, a_2, \dots, a_d)^T$$

## 【0030】

本明細書では、このように前処理され、学習工程で使用される画像を「学習画像」と呼び、学習画像から生成された $d$ 次元ベクトルを「学習画像ベクトル」と呼ぶ。したがって、この実施例の場合、時刻 $t$ の被写体の回転運動を表現する1700個の学習画像から、1700個の3072次元の学習画像ベクトルが生成される。

## 【0031】

学習画像が得られ、学習画像ベクトルが生成された場合、次に学習工程において主成分分析が主成分分析部 2 1 により実行される。主成分分析の実行によって、後述する内積演算で使用される固有ベクトルを導くことができる。以下に主成分分析に関して詳細に説明する。

## 【 0 0 3 2 】

最初にすべての学習画像ベクトルは、数 6 にしたがって画像の明るさを正規化される。この演算処理は、個々の画像における撮像時の誤差要因の影響を可能な限り避けるために実行される。

## 【数 6】

$$\tilde{x} = \frac{x}{\|x\|}$$

## 【 0 0 3 3 】

ここで学習画像ベクトルの数を  $j$  (すなわち  $j=n/2$ ) で表すとき、正規化された  $j$  個の学習画像ベクトルから、数 7 にしたがって、平均画像ベクトル  $c$  が計算される。

## 【数 7】

$$c = \frac{1}{j} \sum_{i=1}^j \tilde{x}_i$$

## 【 0 0 3 4 】

次に正規化された各学習画像ベクトルと平均画像ベクトル  $c$  との差が、数 8 にしたがって計算され、これらが数 9 における行列  $X$  の各要素となる。

## 【数 8】

$$X_i = \tilde{x}_i - c \quad i=1 \sim j$$

## 【数 9】

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_j)$$

## 【 0 0 3 5 】

したがって、学習画像ベクトルの集合の共分散行列  $Q$  は、この行列  $X$  を用いて数 1

0 で計算される。

【数 1 0】

$$Q = X \cdot X^T$$

【0 0 3 6】

この共分散行列 $Q$ は、数 1 1 に示すような固有方程式を作るために用いられる。学習画像ベクトルの固有空間は、この固有方程式（数 1 1）を解いて、 $j$  個の固有値（ $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_j$ ）に対応する固有ベクトル（ $e_1, e_2, \dots, e_j$ ）を基底ベクトルとすることにより得られる。

【数 1 1】

$$\lambda e_i = Q e_i$$

【0 0 3 7】

数 1 1 の解となる固有値の中から最大の固有値 $\lambda$ を第 1 固有値 $\lambda_1$ とし、これに対応する固有ベクトル $e_1$ を第 1 固有ベクトルとする。その次に大きな固有値は、第 2 固有値 $\lambda_2$ とされ、これに対応する固有ベクトル $e_2$ を第 2 固有ベクトルとする。以降、大きな固有値の順で第 3、第 4  $\dots$  第  $j$  の固有値および対応する固有ベクトルが定められる。したがって、本実施例の場合、主成分分析から 1 7 0 0 個の固有値、およびそれに対応する 1 7 0 0 個の固有ベクトルを得ることができる。

【0 0 3 8】

この様にして学習画像ベクトルから得られた各固有ベクトルは、もとの全学習画像におけるサンプル被写体の特徴およびサンプル被写体の運動情報を、圧縮した形で含んでいる。したがって、これらの固有ベクトルの中からいくつかを選択し、選択された固有ベクトルだけを運動情報認識のために使用すれば、記憶容量を大幅に低減することができる。この発明によるシステムでは、サンプル被写体画像に関する運動情報を固有ベクトルとしてあらかじめ学習し、認識対象の画像と直接的に演算することによって、認識対象の被写体の運動情報を認識することができる。したがって、複数の固有ベクトルの中から認識工程で使用する固有ベ



クトルを選択する方法に関して以下に説明する。

【0039】

図3は、本実施例において使用された学習画像33と、その学習画像33から得られた固有ベクトル35の例を示す。図3に示す固有ベクトル35は、左から固有値の大きな順で2次元画像として示される。図3で示されるように固有ベクトルの2次元表現は、花の形に似た画像を示す。この花の花びらの数は、固有ベクトルの周波数を表現していると考えられる。図3から、固有値が大きいほど固有空間によって表現される周波数が低いことがわかる（すなわち、固有値の大きな固有ベクトル37の花びらの数は、固有値の小さな固有ベクトル41と比較して少ない）。さらに同じ周波数を示す固有空間は、直交して隣り合っている（すなわち、隣り合っている固有ベクトル37と固有ベクトル39の花びらの数が同じであり、花の向きが回転している）。ただし、隣り合う固有空間のどちらの位相が遅れているのか、進んでいるのかは、その対応する固有値の大小に依存していない。

【0040】

低い周波数を表現している固有ベクトルは、高い周波数を表現している固有ベクトルと比較して、広範囲の周波数を表現することができる。そのため、低い周波数を表現している2つの固有ベクトルを角速度計算に使用するのが有利である。すなわち第1固有値に対応する第1固有ベクトルおよび第2固有値に対応する第2固有ベクトルを角速度算出に使用する。

【0041】

この実施例では、主成分分析から得られた1700個の固有値の大小が比較され、第1固有値および第2固有値が求められる。それから第1固有値に対応して第1固有ベクトル37が演算され、第2固有値に対応して第2固有ベクトル39が演算される。第1固有ベクトル37および第2固有ベクトル39は、認識工程における演算のために、固有ベクトル・データベース23として記憶される。この様にして得られた固有ベクトル・データベース23の情報量は、 $2 \times d$  ( $2 \times 3072$ ) であるので、もとの情報量の  $j \times d$  ( $1700 \times 3072$ ) と比較して大幅に削減される。

## 【0042】

以下に認識工程を詳細に説明する。認識工程では、固有ベクトル・データベースにあらかじめ記憶された固有ベクトルを使用して、撮像部15によって撮像された認識対象の被写体の運動情報を認識する。したがって、認識工程で認識する被写体は、学習工程において学習されたサンプル被写体と同じ形状的特徴を有し、認識することができる運動情報は、学習工程において学習されたサンプル被写体の画像に対応する運動情報である。

## 【0043】

この実施例では、学習工程において使用したサンプル被写体と同じものを認識対象の被写体として使用し、認識工程を説明する。しかしながら、そこで使用される画像は、学習工程において使用した画像とは異なる画像を使用した。そのため認識工程で使用する画像は、画像のノイズや明るさなどの撮像状態の点で、学習工程で使用した学習画像とは異なっている。本発明のシステムは、学習画像を固有ベクトルとして学習するので、このような撮像状態の影響を受けにくいという利点を有する。

## 【0044】

最初に、認識工程では、任意の回転運動をしている認識対象の被写体が撮像部15によって撮像され、時系列画像が生成される。これらの画像は、撮像部15から画像取込部19まで学習工程と同じ一連の処理を施され、学習画像と同じ形式をしている。すなわち、あらかじめ定めたサンプリング時間毎に認識対象の被写体11の画像が撮像部15によって生成され、それらの画像が画像取込部19に送られ、時間的に連続する2つの画像が1つの画像に組み合わせられてd次元ベクトルとして表現される。この様にして得られた画像と画像ベクトルを、学習工程における学習画像および学習画像ベクトルと区別するために、「認識画像」および「認識画像ベクトル」として参照する。これらの認識画像ベクトルは、画像取込部19から内積演算部25に送られる。

## 【0045】

内積演算部25では、固有ベクトル・データベースから第1および第2の固有ベクトル $e_1$ 、 $e_2$ が取り込まれ、画像取込部19から認識画像ベクトルが取り込ま

れる。内積演算部 2 5 において、認識画像ベクトルと、第 1 固有ベクトル  $e_1$  および第 2 固有ベクトル  $e_2$  との内積演算がそれぞれ実行され、相関値が求められる。ここで、ある時刻  $t$  に対応して撮像された画像の認識画像ベクトルを  $x_t$  で、認識画像ベクトルと第 1 固有ベクトル  $e_1$  との内積演算結果を第 1 の相関値  $g_1(t)$  で、同じ認識画像ベクトルと第 2 固有ベクトル  $e_2$  との内積演算結果を第 2 の相関値  $g_2(t)$  で表す。このとき、第 1 の相関値  $g_1(t)$  および第 2 の相関値  $g_2(t)$  は、それぞれ数 1 2 で表すことができる。

【数 1 2】

$$g_1(t) = e_1 \cdot x_t$$

$$g_2(t) = e_2 \cdot x_t$$

【0 0 4 6】

図 4 は、横軸に時刻  $t$ 、縦軸に第 1 および第 2 の固有ベクトルとの相関値  $g_1(t)$ 、 $g_2(t)$  をプロットした図を示す。より具体的に説明すると、ある時刻  $t_m$  に対応して撮像された第  $m$  番目の認識画像ベクトルと第 1 の固有ベクトル  $e_1$  との内積演算の結果が図 4 の 4 7 としてプロットされ、同じ第  $m$  番目の認識画像ベクトルと第 2 の固有ベクトル  $e_2$  との内積演算の結果が図 4 の 4 9 としてプロットされる。同様に、第  $(m+1)$  番目の画像の内積演算が、対応する時刻  $t_{m+1}$  に対してグラフ上にプロットされる (5 1、5 3)。この実施例においては、1 7 0 0 個の認識画像が撮像され、1 7 0 0 個の相関値  $g_1(t)$ 、 $g_2(t)$  が、それぞれ対応する時刻  $t$  に対してグラフ上にプロットされる。

【0 0 4 7】

この様にしてグラフ上にプロットされた第 1 の相関値 4 3 および第 2 の相関値 4 5 は、図 4 に示すグラフからも明らかなように、それぞれの相関値に対して  $90^\circ$  位相のずれた周期関数とみなすことができる。したがって、これらの相関値をそれぞれ三角関数を用いて近似する。

【0 0 4 8】

先に述べたように 2 つの固有ベクトルのどちらの位相が進んでいるのかは、対応する固有値の大小に依存しない。すなわち、グラフ上にプロットされた第 1 の

相関値と第 2 の相関値のどちらの位相が進んでいるのかは、固有値の大小関係からだけでは判断することができない。したがって、第 1 および第 2 の相関値をそれぞれ複数計算して、どちらの位相が遅れているのかを判断し、位相の遅れている相関値を  $\sin(\omega t)$  で表し、位相の進んでいる相関値を  $\cos(\omega t)$  で表す。ここで  $\omega$  は角速度を表す。

【0 0 4 9】

したがって、図 4 に示すグラフの場合では、第 1 の相関値 4 3 が第 2 の相関値 4 5 に対して  $90^\circ$  位相が遅れているので、それぞれの相関値は数 1 3 で近似される。もし、第 1 の相関値が第 2 の相関値に対して  $90^\circ$  位相が進んでいる場合には、それぞれの相関値は、数 1 4 で近似される。

【数 1 3】

$$g_1(t) = \sin(\omega t)$$

$$g_2(t) = \cos(\omega t)$$

【数 1 4】

$$g_1(t) = \cos(\omega t)$$

$$g_2(t) = \sin(\omega t)$$

【0 0 5 0】

一般的に、 $\sin(\omega t)$  の時間  $t$  に関する微分の関係は、数 1 5 で表されるので、角速度  $\omega$  は、数 1 6 で表すことができる。

【数 1 5】

$$\frac{d}{dt} \sin(\omega t) = \omega \cos(\omega t)$$

【数 1 6】

$$\omega = \frac{d}{dt} \sin(\omega t) / \cos(\omega t)$$

【0 0 5 1】

したがって、数 1 6 に数 1 3 または数 1 4 を代入すると、数 1 7 または数 1 8 がそれぞれ得られ、時刻  $t$  における  $g_1(t)$  の傾きと  $g_2(t)$  の値から、時刻  $t$  における角

速度 $\omega$ を算出することができる。角速度算出部 2 7 は、内積演算部 2 5 における演算結果である相関値 $g_1(t)$ 、 $g_2(t)$ を受け取り、どちらの位相が遅れているのかを判断し、その判断に基づいて数 1 7 か数 1 8 を選択し、角速度 $\omega$ を算出する。

【数 1 7】

$$\omega = \frac{d}{dt} g_1(t) / g_2(t)$$

【数 1 8】

$$\omega = \frac{d}{dt} g_2(t) / g_1(t)$$

【0 0 5 2】

本実施例における図 4 の場合では、内積演算部 2 5 において、第 1 の固有ベクトルおよび第 2 の固有ベクトルの内積が、1 7 0 0 個の各認識画像ベクトルに関して演算され、1 7 0 0 個の第 1 の相関値 $g_1(t)$ および 1 7 0 0 個の第 2 の相関値 $g_2(t)$ がそれぞれ得られる。角速度算出部 2 7 において、第 2 の相関値の位相に対して第 1 の相関値の位相が遅れていると判断され、数 1 7 が選択される。したがって、これらの第 1 の相関値 $g_1(t)$ の傾きが算出され、この傾きの値が第 2 の相関値 $g_2(t)$ で除算され、角速度 $\omega$ が求められる。

【0 0 5 3】

本発明による運動情報認識システムを用いて実際に得られた角速度の算出結果を図 5 に示す。図 5 の 5 5 は、認識対象の被写体 1 1 に連結されたモータの消費電力を時間 $t$ に対してプロットした図である。認識対象の被写体 1 1 の回転速度はモータの消費電力に比例して増加するので、この図は認識対象の被写体 1 1 の回転速度に対応する。図 5 の 5 7 は、内積演算部 2 5 の演算結果を時間 $t$ に対してプロットした図である。モータの消費電力の増加に対応して、相関値 $g_1(t)$ 、 $g_2(t)$ の振動周期が高くなっていくのが分かる。図 5 の 5 9 は、内積演算部 2 5 の演算結果から角速度算出部 2 7 によって算出された角速度を時間 $t$ に対してプロットした図である。モータの消費電力の増加に比例して角速度 $\omega$ が増加するのがわかる。この実施例では、学習工程の学習画像に対応した 0 r p m から 3 2 6 r p m の範囲における角速度を算出することができた。さらに回転の方向は、算出

された角速度 $\omega$ の符号が、反時計回りの場合には正、時計回りの場合には負となることにより判別可能である。

## 【 0 0 5 4 】

次にこのシステムにおいて使用される学習画像および認識画像に関して説明する。先に述べたように、画像取込部 1 9 に取り込まれた複数の時系列画像は、時間的に連続する 2 つの画像ごとに対にされ組み合わせられる。この様な処理を行う理由は、図 6 を参照して明らかになる。

## 【 0 0 5 5 】

図 6 は、学習工程および認識工程において、2 つ組み合わせた画像を用いて演算した相関値（グラフ 6 1）と、1 つの画像だけで演算した相関値（グラフ 6 3）とを示すグラフである。グラフ 6 3 の場合、図 6 の 6 5 に示すような部分で曲線にギザギザが現れる。このため、1 つの画像だけで処理を行う場合、認識工程において、ギザギザとなった部分で適正な相関値の微分を行えなくなる。それに対してグラフ 6 1 の場合、相関値の曲線は、非常になめらかであり、正しい相関値の微分を行うことができる。これは、2 つの時間的に連続する画像を 1 つに組み合わせることによって、2 つの画像の速度差が 1 つの画像に表現されるからである。したがって、このような画像の組み合わせ処理によって相関値の精度を高めることができる。本実施例では、時間的に連続する 2 つの画像を 1 つの画像に組み合わせて使用したが、このような速度に関する運動情報を 1 つの画像に表現するためには、時間的に連続する 2 つ以上の画像を利用することもできる。

## 【 0 0 5 6 】

この実施例では、0 r p m から 3 2 6 r p m の角速度範囲における被写体の運動情報を認識したが、この発明による運動情報認識システムは、学習工程における学習画像に応じて任意の運動情報を認識することができる。したがって、このシステムは、様々な認識対象の運動情報をデータベースとして記憶することにより、運動情報認識を必要とするあらゆる分野に応用することが可能である。そのような例としては、自立移動ロボットの視覚支援、飛行機の着陸制御、ヘリコプターの姿勢制御、回転体の速度制御、タイヤの回転数制御、船舶のゆれ制御、などがある。

【 0 0 5 7 】

## 【発明の効果】

この発明によれば、システムに必要とされる記憶容量は、データベースに記憶される情報が固有ベクトルとして記憶されるので低減され、このシステムの処理時間は、運動情報が固有ベクトルと認識画像との直接的な内積演算によって得られるので計算コストが低く高速である。さらに、このシステムにおいて演算に使用される画像は、時間的に連続する少なくとも2つの画像を1つの画像に組み合わせた画像を使用するので、得られる運動情報の精度が高い。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明による運動情報認識システムの構成例を示す。

【図2】 図2は、本発明による運動情報認識システムにおいて処理される時系列画像の例を示す。

【図3】 図3は、本実施例において使用された学習画像33と、その学習画像33から得られた固有ベクトル35の例を示す。

【図4】 図4は、第1および第2の固有ベクトルとの相関値 $g_1(t)$ 、 $g_2(t)$ を時間 $t$ に対してプロットした図を示す。

【図5】 図5は、本発明による運動情報認識システムを用いて実際に得られた角速度 $\omega$ の算出結果を示す。

【図6】 図6は、学習工程および認識工程において、2つ組み合わせた画像を用いて演算した相関値（グラフ61）と、1つの画像だけで演算した相関値（グラフ63）とを示す。

## 【符号の説明】

11	被写体
15	撮像部
17	データ処理部
19	画像取込部
21	主成分分析部
23	固有ベクトル・データベース
25	内積演算部

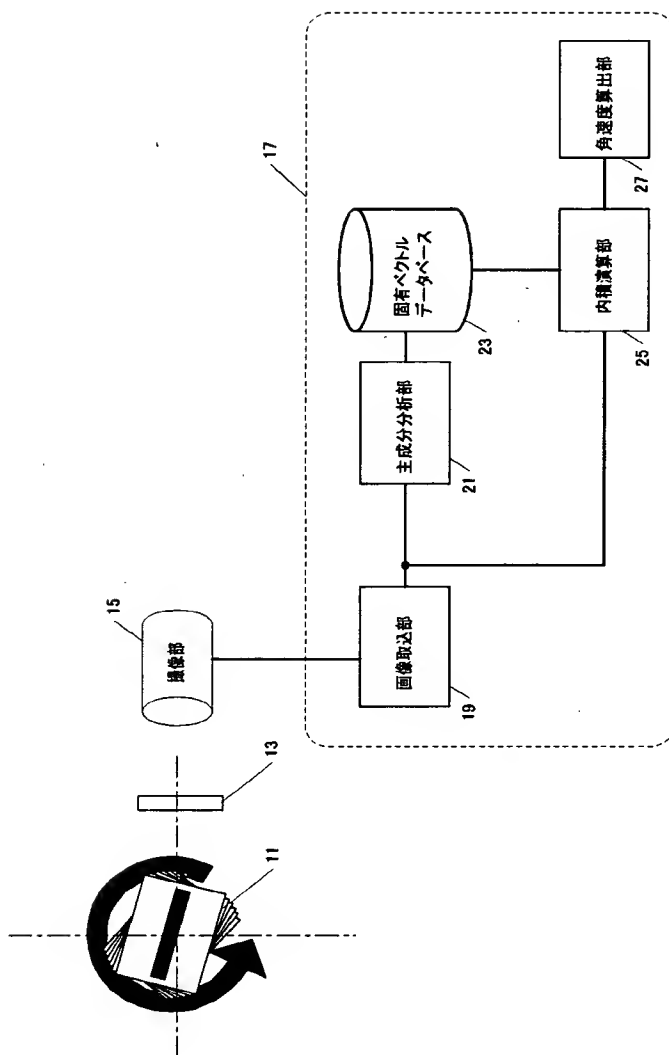
27

角度算出

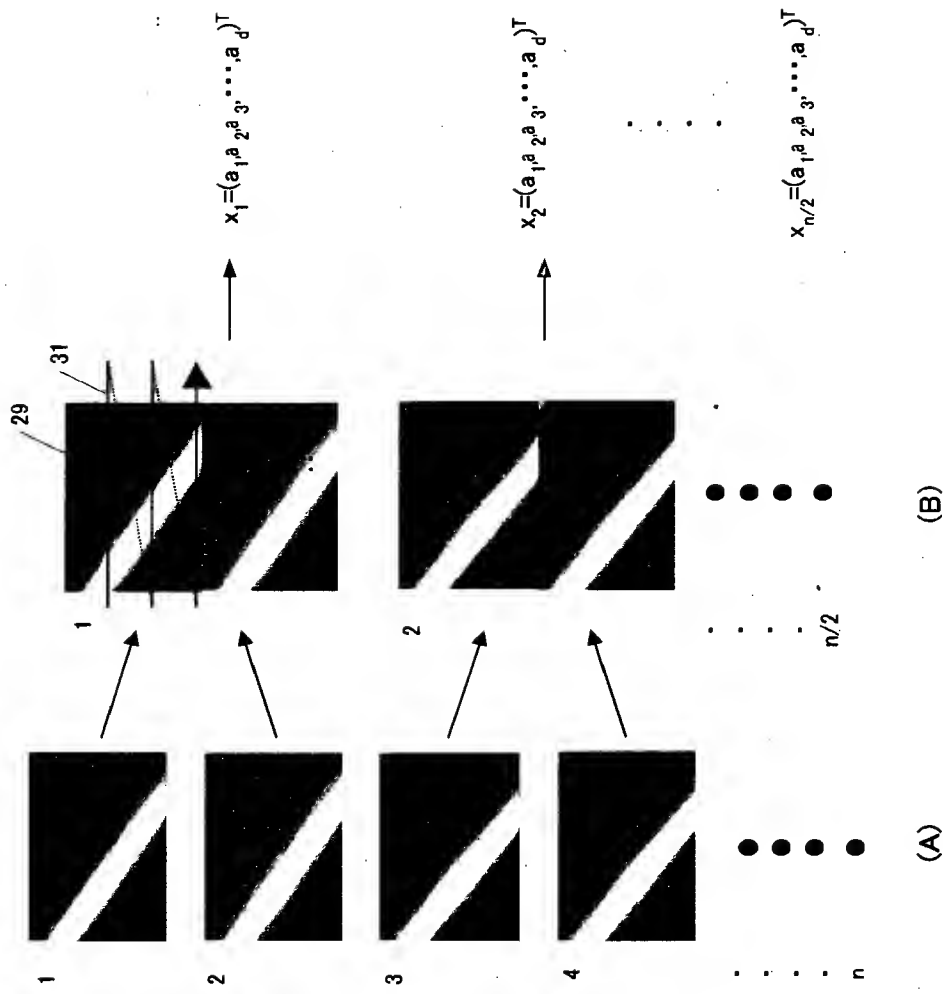


【書類名】 図面

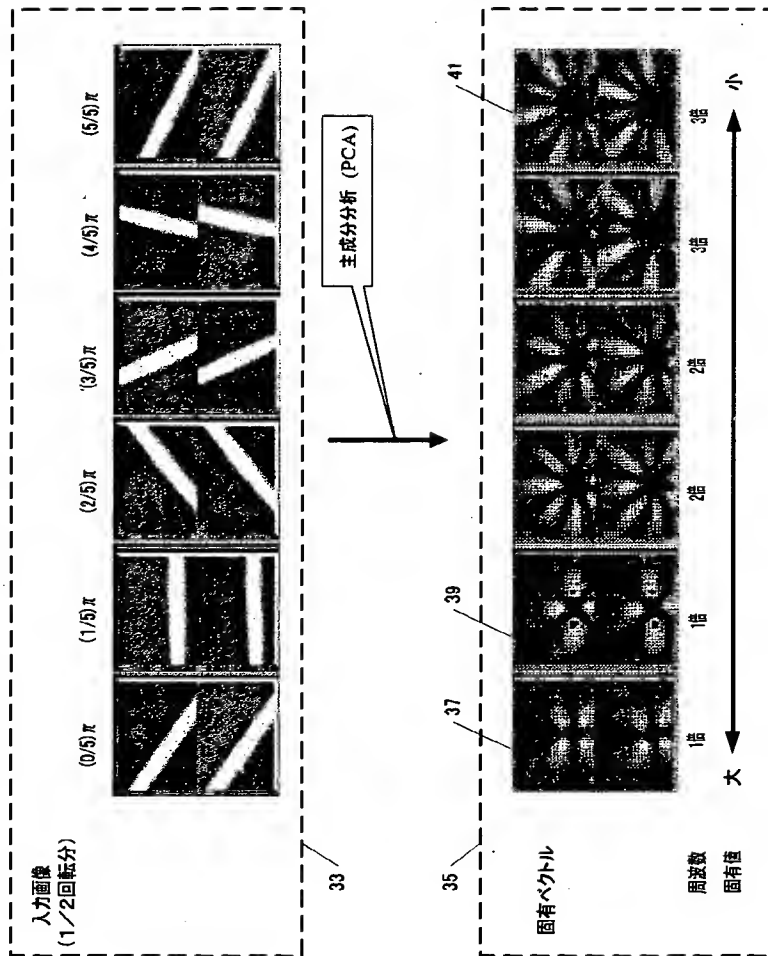
【図 1】



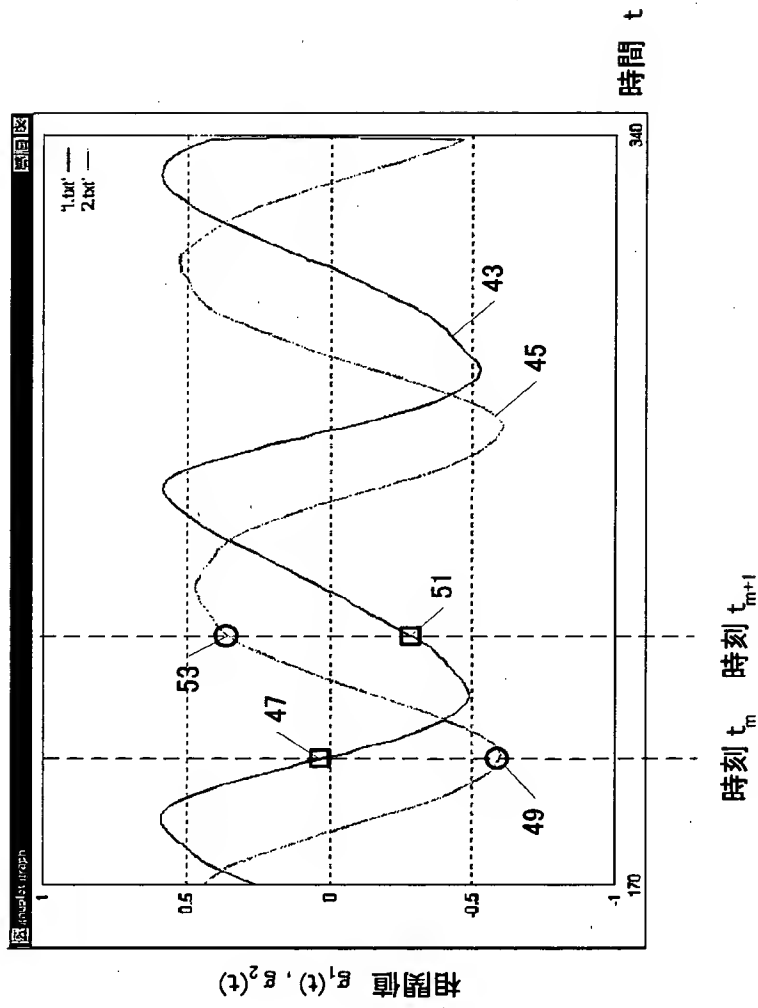
【図 2】



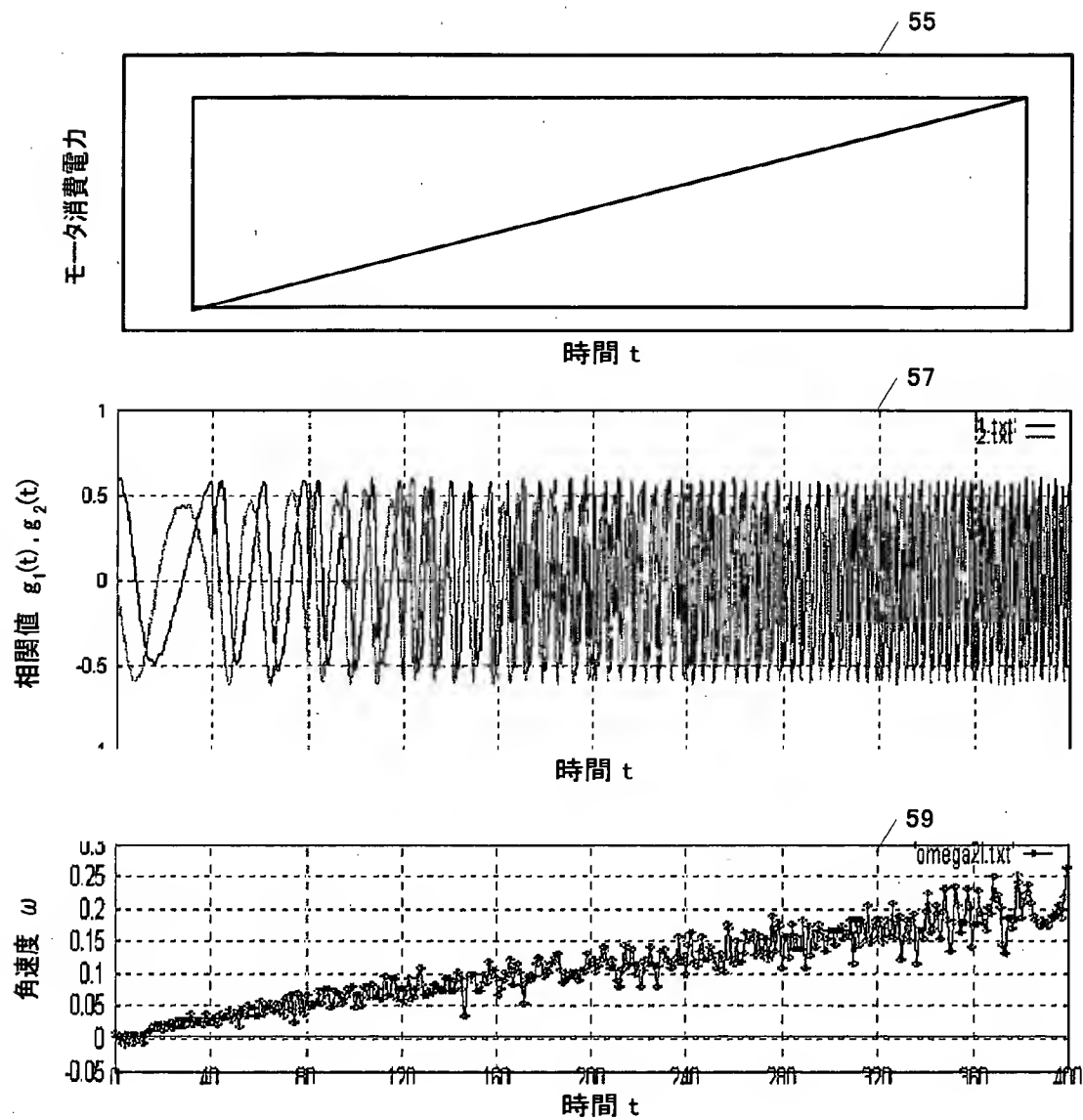
【図 3】



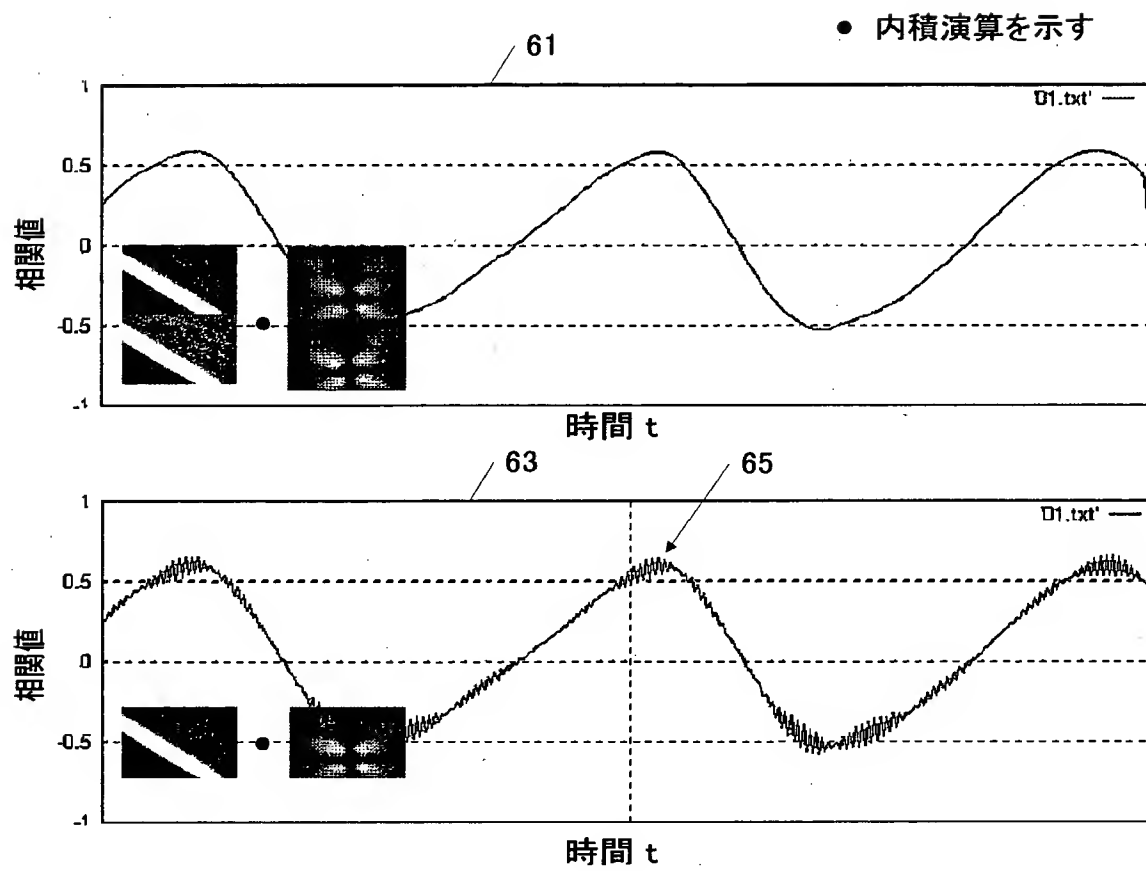
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 この発明は、画像から直接的に運動情報を求めることによって高速で簡単な運動情報認識システムを提供することを課題とする。

【解決手段】 運動情報認識システムは、運動する被写体の時系列画像を生成する撮像手段と、被写体の時系列画像を取り込んで、画像ベクトルを生成する画像取込手段と、画像取込手段により生成されるサンプル被写体の画像ベクトルから主成分分析により複数の固有ベクトルを求める主成分分析手段と、複数の固有ベクトルを記憶する記憶手段と、画像取込手段により生成される認識対象の被写体の画像ベクトルおよび記憶手段に記憶された複数の固有ベクトルの内積演算を行う内積演算手段と、内積演算の結果に基づき認識対象の被写体の運動情報を求める算出手段と、を備える。この発明は、固有ベクトルから被写体の運動情報を直接的に求めるで、計算コストが低減され高速で簡単な運動情報認識システムを提供する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日	1990年 9月 6日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目1番1号
氏 名	本田技研工業株式会社